CABLES & TECNOLOGÍA



Boletín Técnico - Marzo 2005

CONTENIDO

RETIE:

REGULACION DE TENSION EN INSTALACIONES ELECTRICAS

Uno de los aspectos primordiales al dimensionar los conductores que forman parte de una instalación eléctrica, luego del cumplimiento de la capacidad de conducción de corriente, es el Porcentaje de Caída de Tensión, denominado también en el ámbito técnico, Porcentaje de Regulación.

En este artículo se dan a conocer los fundamentos técnicos y los conceptos teóricos involucrados en el cálculo de la caída porcentual de tensión en instalaciones de baja y media tensión. Para ilustrar la aplicación se incluyen datos y conceptos tomados del Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050).

Dirección y Coordinación:
Departamento de Mercadeo ***CENTELSA***

Información y Especificaciones:
Gerencia Técnica ***CENTELSA***

Diseño y Diagramación:







CAÍDA DE TENSION

La caída de tensión en el conductor se origina debido a la resistencia eléctrica al paso de la corriente. Esta resistencia depende de la longitud del circuito, el material, el calibre y la temperatura de operación del conductor. El calibre seleccionado debe verificarse por la caída de tensión en la línea.

Al suministrar corriente a una carga por medio de un conductor, se experimenta una caída en la tensión y una disipación de energía en forma de calor. En circuitos de corriente continua (c.c.) la caída de tensión se determina por medio de la siguiente fórmula, conocida como la Ley de Ohm:

$$V = I \cdot R$$

Donde:

- **V** es la caída de tensión.
- **I** es la corriente de carga que fluye por el conductor.
- **R** es la resistencia a c.c. del conductor por unidad de longitud.

Para circuitos de corriente alterna (c.a.) la caída de tensión depende de la corriente de carga, del factor de potencia y de la impedancia de los conductores (en estos circuitos es común la combinación de resistencias, capacitancias e inductancias). Por lo anterior, la caída de tensión se expresa:

$$V = I \cdot Z$$

Siendo **Z** la impedancia.

IMPEDANCIA EFICAZ

La Norma NTC 2050 en la nota 2 de la tabla 9 del capítulo 9, establece que "multiplicando la corriente por la impedancia eficaz se obtiene un valor bastante aproximado de la caída de tensión entre fase y neutro", adicionalmente define la impedancia eficaz así:

$$Z_{EF} = R \cos \theta + X \operatorname{Sen} \theta$$

Donde:

- **θ** es el ángulo del factor de potencia del circuito.
- **R** es la resistencia a corriente alterna de conductor.
- **X** es la reactancia del conductor.

Por otro lado, tenemos:

$$X = X_L - X_C$$

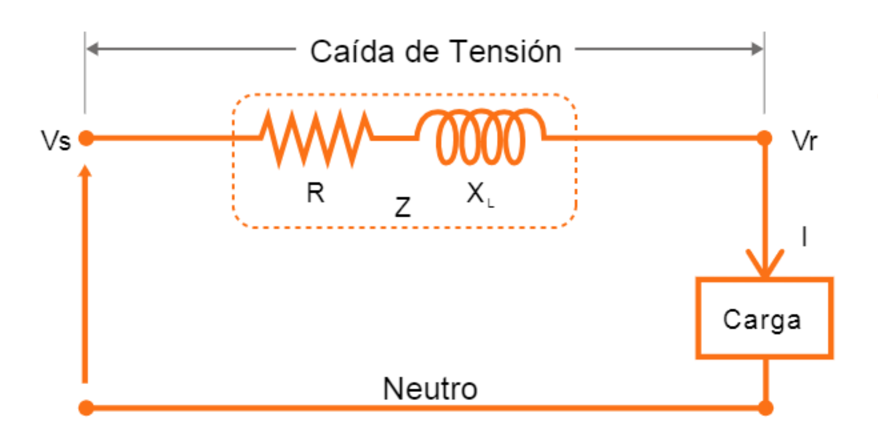
Donde:

- **X_L** es la reactancia inductiva
- **X_C** es la reactancia capacitiva

Considerando que las distancias de las redes eléctricas en sistemas de distribución de Cables para Media Tensión implican longitudes cortas, se pueden despreciar los efectos capacitivos. Así mismo, para sistemas de distribución de Cables de Baja Tensión estos efectos capacitivos también son despreciables debido a las bajas tensiones de operación (menos de 600V); por lo tanto se pueden tener en cuenta solamente la resistencia y la reactancia inductiva, simplificando los cálculos con una muy buena aproximación a la realidad (ver ilustración 1).

Reemplazando en la fórmula la reactancia X por la reactancia inductiva X_L (es decir, despreciando la reactancia capacitiva), la impedancia eficaz se define así:

$$Z_{EF} = R \cos\theta + X_L \operatorname{Sen}\theta$$



I: Corriente de carga que fluye por el conductor
Vs: Tensión de envío por la fuente
Vr: Tensión recibida en la carga
Z: Impedancia de la línea
R: Resistencia a c.a. del conductor
X_L: Reactancia inductiva del conductor

Ilustración 1. Circuito equivalente

Conociendo los valores de resistencia a la corriente (R), de reactancia inductiva (X_L) y el factor de potencia (FP = Cos θ), es posible calcular la impedancia eficaz (Z_{EF}), para lo cual se incluyen en la tabla 1 los valores de Sen θ correspondientes.

FP = Cos θ	Sen θ
1.00	0.00
0.95	0.31
0.90	0.44
0.85	0.53
0.80	0.60
0.75	0.66
0.70	0.71

Tabla 1. Valores de FP (Cos θ) y de Sen θ

Los Cables de Baja Tensión son utilizados en alambrado eléctrico en edificaciones, en circuitos alimentadores, ramales y redes interiores secundarias industriales.

En la tabla 2 se muestran los valores de resistencia eléctrica y reactancia inductiva para instalación de tres conductores de fase en conduit; como se observa en la ilustración 2, se incluyen los conductores de neutro y de tierra.

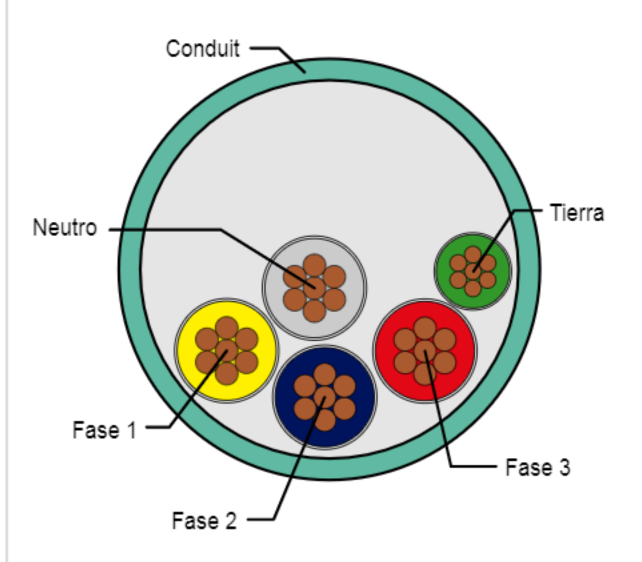


Ilustración 2. Instalación trifásica en conduit



Resistencia eléctrica c.a. y reactancia inductiva para Cables de Cobre, instalación trifásica para 600V a 60Hz y 75ºC. Tres conductores sencillos en tubo conduit					
Calibre AWG / kcmil	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)			Reactancia Inductiva X_L (ohm/km)	
	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de Acero
14	10.17	10.17	10.17	0.190	0.240
12	6.56	6.56	6.56	0.177	0.223
10	3.94	3.94	3.94	0.164	0.207
8	2.56	2.56	2.56	0.171	0.213
6	1.61	1.61	1.61	0.167	0.210
4	1.02	1.02	1.02	0.157	0.197
2	0.623	0.656	0.656	0.148	0.187
1/0	0.394	0.427	0.394	0.144	0.180
2/0	0.328	0.328	0.328	0.141	0.177
3/0	0.253	0.269	0.259	0.138	0.171
4/0	0.203	0.219	0.207	0.135	0.167
250	0.171	0.187	0.177	0.135	0.171
350	0.125	0.141	0.128	0.131	0.164
500	0.089	0.105	0.095	0.128	0.157

Tabla 2. Resistencia y reactancia para Cables de Cobre de Baja Tensión [1]

Para Cables de Media Tensión tipo MV 90 [2], la tabla 3 indica los valores de resistencia eléctrica y reactancia inductiva de los calibres típicos en cualquier sistema de distribución de energía eléctrica en media tensión, instalados al aire, en ductos subterráneos, canaletas, enterrado directo o dispuestos en bandejas portacables; en la ilustración 3 se muestra la instalación en un conduit.

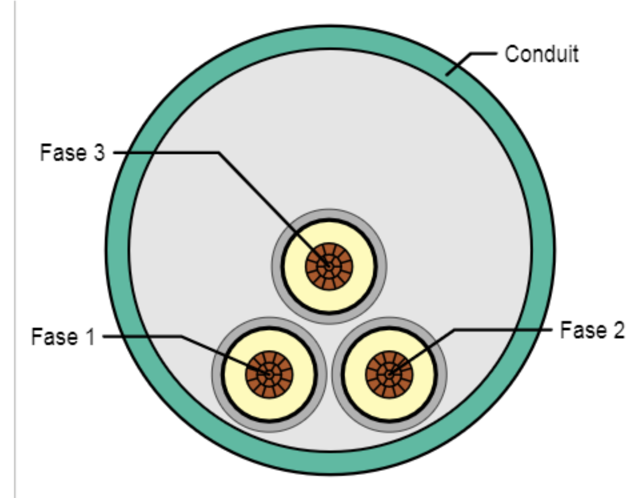


Ilustración 3. Instalación en conduit de Cables de Media Tensión

[1] Adaptación de la Tabla 9 Capítulo 9 de la NTC 2050
[2] MV 90: Cables para Medio Voltaje y para operación a 90°C, según la NTC 2050 (5 a 35 kV)

Resistencia eléctrica c.a. y reactancia inductiva para Cables de Media Tensión de Cobre a 60Hz y 90ºC. Tres conductores dispuestos en forma triangular equidistante					
Calibre AWG / kcmil	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)	Reactancia Inductiva X_L (ohm/km)			
		15kV, 100%	15kV, 133%	35kV, 100%	35kV, 133%
2	0.6671	0.170	0.177	-	-
1/0	0.4195	0.155	0.162	0.178	0.185
2/0	0.3331	0.149	0.156	0.171	0.179
4/0	0.2103	0.138	0.145	0.159	0.166
250	0.1651	0.133	0.141	0.153	0.163
350	0.1191	0.128	0.133	0.145	0.155
500	0.0853	0.121	0.126	0.140	0.147

Tabla 3. Resistencia y reactancia para Cables de Cobre de Media Tensión

Para Cables de Aluminio tipo Múltiplex Autosoportados de Baja Tensión en sistemas aéreos de distribución secundaria (red trenzada), se muestran las características eléctricas (resistencia y reactancia) en la tabla 4. Adicionalmente este tipo de cable es usado en alumbrado público, instalaciones temporales de construcción o en algunas ocasiones desde el transformador de poste hasta la derivación para el usuario; en la ilustración 4 se muestran las secciones transversales de Cables Tríplex y Cuádruplex.

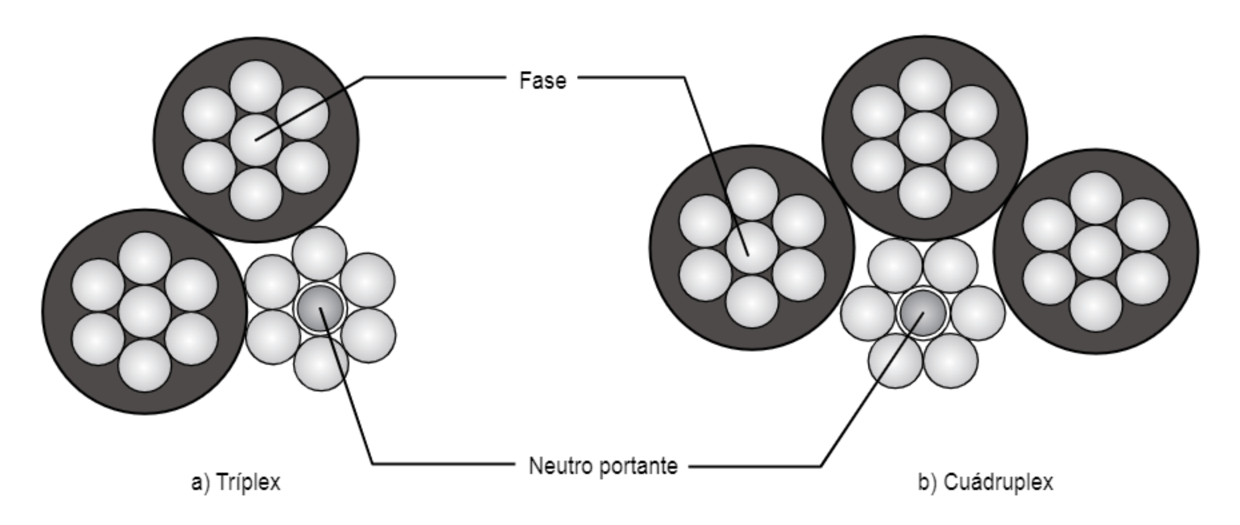


Ilustración 4. Cables Múltiplex para instalaciones aéreas



Resistencia eléctrica c.a. y reactancia inductiva para Cables de Aluminio tipo Múltiplex para 600V a 60Hz. Instalación aérea autosoportada				
Calibre AWG	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)		Reactancia inductiva X_L (ohm/km)	
	75ºC	90ºC	Tríplex	Cuádruplex
4	1.666	1.748	0.103	0.116
2	1.048	1.100	0.098	0.112
1/0	0.659	0.692	0.095	0.109
2/0	0.523	0.549	0.093	0.107
3/0	0.415	0.436	0.091	0.105
4/0	0.329	0.346	0.090	0.103

Tabla 4. Resistencia y reactancia para Cables Múltiplex de Baja Tensión

CENTELSA también fabrica estos cables con especificaciones de calibres en mm^2 para lo cual se indican los parámetros eléctricos respectivos en la tabla 5.

Resistencia eléctrica c.a. y reactancia inductiva para Cables de Aluminio tipo Múltiplex para 600V a 60Hz. Instalación aérea autosoportada				
Calibre mm^2	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)		Reactancia inductiva X_L (ohm/km)	
	75ºC	90ºC	Tríplex	Cuádruplex
25	1.405	1.474	0.103	0.116
35	1.003	1.053	0.104	0.119
50	0.702	0.737	0.098	0.112
70	0.502	0.527	0.095	0.109
95	0.370	0.388	0.092	0.106
150	0.234	0.246	0.088	0.101

Tabla 5. Resistencia y reactancia para Cables Múltiplex de Baja Tensión, calibres en mm^2

Para cables ACSR en sistemas aéreos de distribución primaria, se muestran las características eléctricas (resistencia y reactancia) en la tabla 6, y en la ilustración 5 se muestran dos configuraciones típicas para este tipo de instalaciones.

Resistencia eléctrica c.a. y reactancia inductiva para Cables ACSR, instalación trifásica a 60Hz y 75ºC				
Calibre AWG/ kcmil	Código	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)	Reactancia inductiva X_L (ohm/km)	
			Configuración triangular	Configuración plana
4	Swan	1.653	0.452	0.465
2	Sparrow	1.040	0.435	0.447
1/0	Raven	0.654	0.417	0.430
2/0	Quail	0.519	0.409	0.421
4/0	Penguin	0.327	0.391	0.404
266.8	Partridge	0.263	0.364	0.377
334.6	Linnet	0.209	0.355	0.368

Tabla 6. Resistencia y reactancia para Cables ACSR

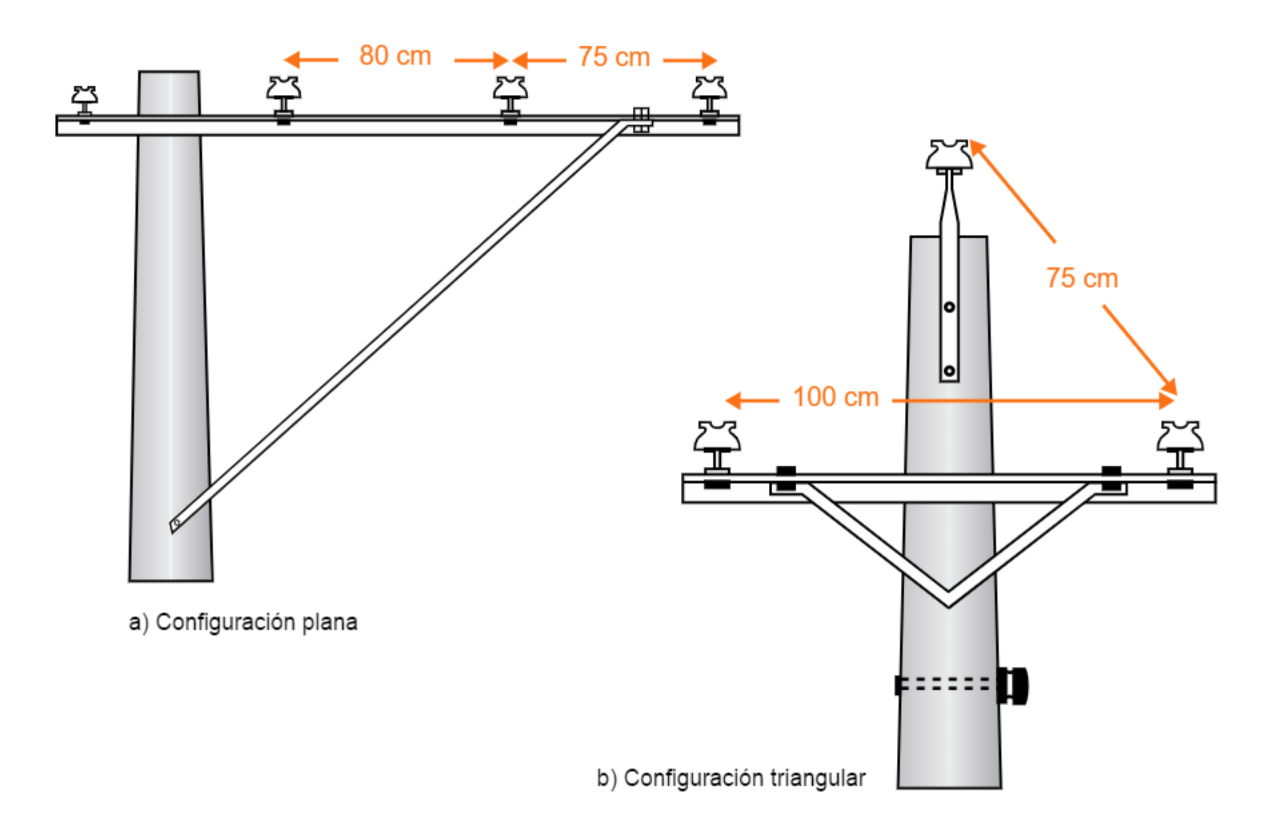


Ilustración 5. Configuración de Cables ACSR para distribución primaria aérea



REGULACION

La Caída de Tensión ($\Delta V = V_s - V_r$) se calcula mediante las siguientes fórmulas:

Para circuitos monofásicos:

$$\Delta V_{FASE\text{-}NEUTRO} = Z_{EF} \cdot 2 \cdot L \cdot I$$

Para circuitos trifásicos:

$$\Delta V_{FASE\text{-}FASE} = \sqrt{3} \cdot \Delta V_{FASE\text{-}NEUTRO}$$

$$\Delta V_{FASE\text{-}FASE} = 1.732 \cdot \Delta V_{FASE\text{-}NEUTRO}$$

$$\Delta V_{FASE\text{-}NEUTRO} = Z_{EF} \cdot L \cdot I$$

Donde:

ΔV	es la Caída de Tensión en Voltios
L	es la longitud del circuito en km
I	es la corriente del circuito en A
Z_{EF}	es la impedancia eficaz en ohm/km

La Regulación de Tensión o Porcentaje de Caída de Tensión se define como:

$$\% \text{ Regulación} = [(V_s - V_r) / V_r] \cdot 100$$

$$\% \text{ Regulación} = [\Delta V / V_r] \cdot 100$$

Finalmente, el resultado obtenido en el cálculo del Porcentaje de Regulación debe compararse con los valores establecidos por la norma NTC 2050, donde al respecto se indica lo siguiente:

Sección 210-19, Inciso a), Nota 4: "Los conductores de circuitos ramales como están definidos en la sección 100, con una sección que evite una caída de tensión superior al 3% en las salidas más lejanas de fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión de los circuitos alimentador y ramal hasta la salida más lejana no supere al 5%, ofrecen una eficacia razonable de funcionamiento. Para la caída de tensión en los conductores del alimentador, véase el artículo 215-2"

Sección 215-2, Inciso b), Nota 2: "Los conductores de alimentadores tal como están definidos en la sección 100, con un calibre que evite una caída de tensión superior al 3% en las salidas más lejanas para potencia, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión de los circuitos alimentador y ramales hasta la salida más lejana no supere el 5%, ofrecen una eficacia de funcionamiento razonable. Nota 3: Véase el artículo 210-19. a), para la caída de tensión de los conductores de los circuitos ramales"

A continuación se dan algunos ejemplos que ilustran distintas aplicaciones de los conceptos definidos.

Ejemplo 1

Un circuito alimentador maneja una carga continua de 34 amperios. El sistema es trifásico a 220V formado por tres conductores de cobre THHN/THWN CENTELSA calibre 2 AWG, en un tubo conduit de PVC. La longitud del circuito es de 200 m y el factor de potencia es de 85%.
Determinar el Porcentaje de Caída de Tensión aproximada para este circuito.

Solución

1. ***Calcular la impedancia eficaz.***

Tenemos: De la tabla 2: $R = 0.623$ ohm/km
$X_L = 0.148$ ohm/km
De la tabla 1: $Sen\ \theta = 0.53$

Por lo tanto:
$$Z_{EF} = R\ Cos\ \theta + X_L\ Sen\ \theta$$
$$Z_{EF} = (0.623 \times 0.85) + (0.148 \times 0.53)$$
$$Z_{EF} = 0.608 \text{ ohm/km}$$

2. ***Encontrar la Caída de Tensión fase a fase.***

$$\Delta V_{FASE\text{-}NEUTRO} = Z_{EF} \cdot L \cdot I$$
$$\Delta V_{FASE\text{-}NEUTRO} = 0.608 \text{ ohm/km} \times 0.2 \text{ km} \times 34 \text{ A}$$
$$\Delta V_{FASE\text{-}NEUTRO} = 4.1V$$

$$\Delta V_{FASE\text{-}FASE} = 1.732 \times \Delta V_{FASE\text{-}NEUTRO}$$
$$\Delta V_{FASE\text{-}FASE} = 1.732 \times 4.1V$$
$$\Delta V_{FASE\text{-}FASE} = 7.1\ V$$

3. ***Encontrar el Porcentaje de Caída de Tensión del circuito.***

$$\%\ \text{Caída de Tensión}_{FASE\text{-}FASE} = (\Delta V / Vr) \cdot 100$$
$$\%\ \text{Caída de Tensión}_{FASE\text{-}FASE} = (7.1V / 220V) \times 100$$
$$\mathbf{\%\ \text{Caída de Tensión}_{FASE\text{-}FASE} = 3.2\%}$$

Ejemplo 2

Para el circuito del ejemplo 1, calcular la Regulación para longitudes del conductor THHN/THWN CENTELSA desde 140 hasta 260 metros.

Solución

Siguiendo el mismo procedimiento del ejemplo 1, se hace el cálculo para longitudes de 140, 160, 180, 200, 220 240 y 260 metros, y graficando los resultados (ver ilustración 6) se observa que ***la Regulación tiene una variación directamente proporcional a la longitud.***



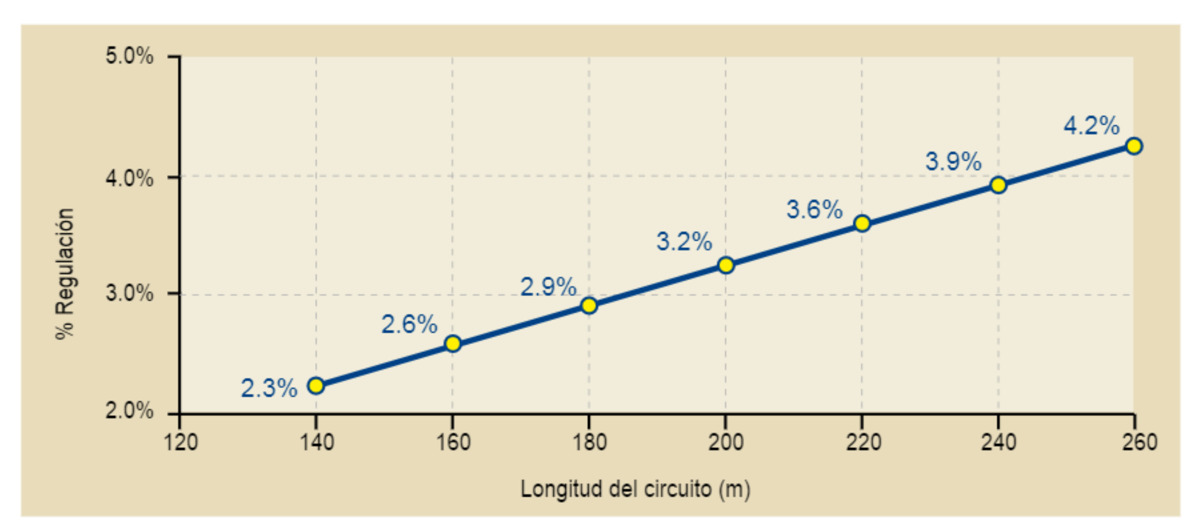


Ilustración 6. Variación de la Regulación con la longitud del circuito

Ejemplo 3

Para el circuito del ejemplo 1, calcular la Regulación para factores de potencia entre 0.7 y 1.0.

Solución

Con el mismo procedimiento del ejemplo 1, se hace el cálculo para factores de potencia de entre 0.7 y 1.0 en pasos de 0.05. Graficando los resultados, se puede observar en la ilustración 7 que la Regulación tiene una variación inversamente proporcional para factores de potencia desde 0.70 a 0.90, a partir del cual, a medida que aumenta el factor de potencia, mejora la Regulación hasta alcanzar su menor valor para factor de potencia igual a 1.0.

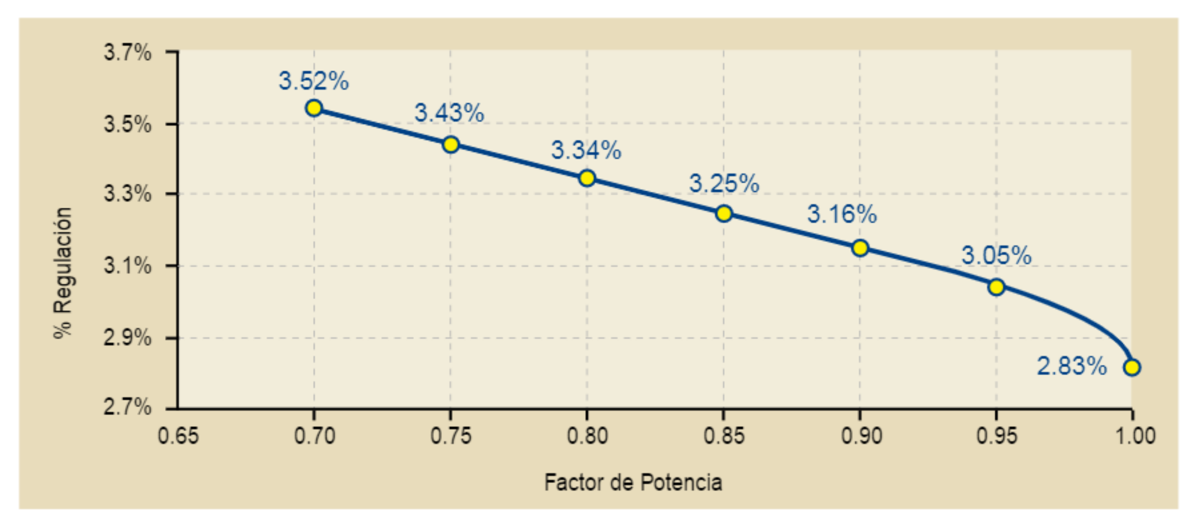


Ilustración 7. Variación de la Regulación con el Factor de Potencia

Ejemplo 4

Para el circuito del ejemplo 1, calcular la Regulación para corrientes entre 20 y 50 A.

Solución

Siguiendo el mismo procedimiento del ejemplo 1, se hace el cálculo para corrientes entre 20 y 50 A en pasos de 5. Graficando los resultados, en la ilustración 8 se observa que ***la Regulación tiene una variación directamente proporcional con la corriente.***

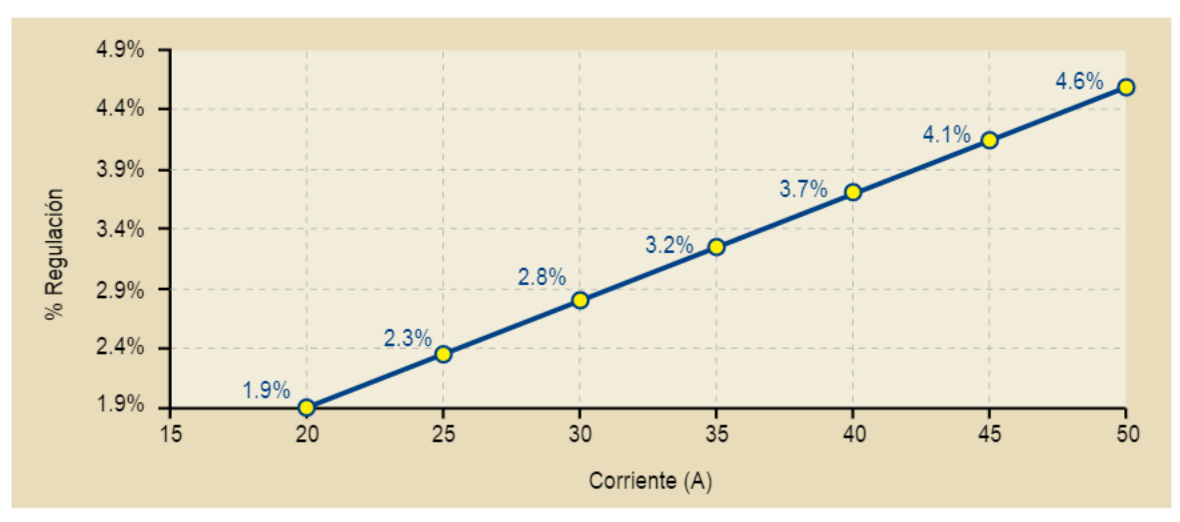


Ilustración 8. Variación de la Regulación con la corriente

Ejemplo 5

Para el circuito del ejemplo 1, calcular la Regulación para calibres 6, 4, 2, 1, 1/0 y 2/0 AWG del conductor de cobre THHN/THWN CENTELSA.

Solución

Siguiendo el mismo procedimiento del ejemplo 1, se hace el cálculo para los calibres indicados; con los resultados en la ilustración 9 se observa una variación inversa (aunque no proporcional). ***A medida que aumenta el área del conductor, disminuye la Regulación***, dado que en términos generales la impedancia eficaz va disminuyendo a medida que aumenta el área del conductor.

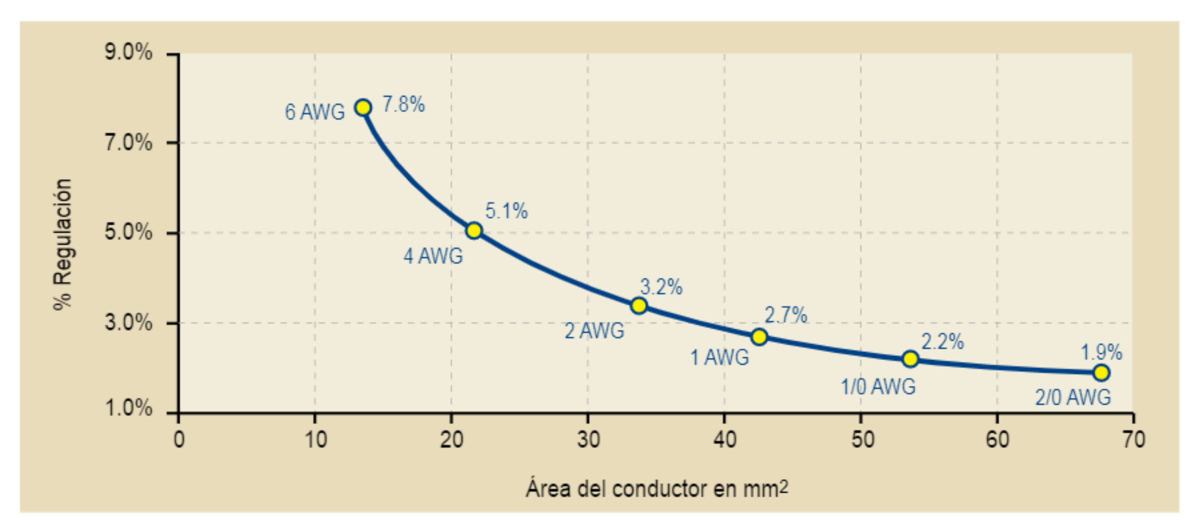


Ilustración 9. Variación de la Regulación con el calibre

Ejemplo 6

Para el circuito del ejemplo 1, calcular la Regulación para tensiones de operación de 208, 220, 380 y 440V.

Solución

Siguiendo el mismo procedimiento del ejemplo 1, se hace el cálculo para las diferentes tensiones de operación; con los resultados en la ilustración 10 se observa una variación inversa; la ***Regulación es inversamente proporcional al cuadrado de la tensión de operación***.

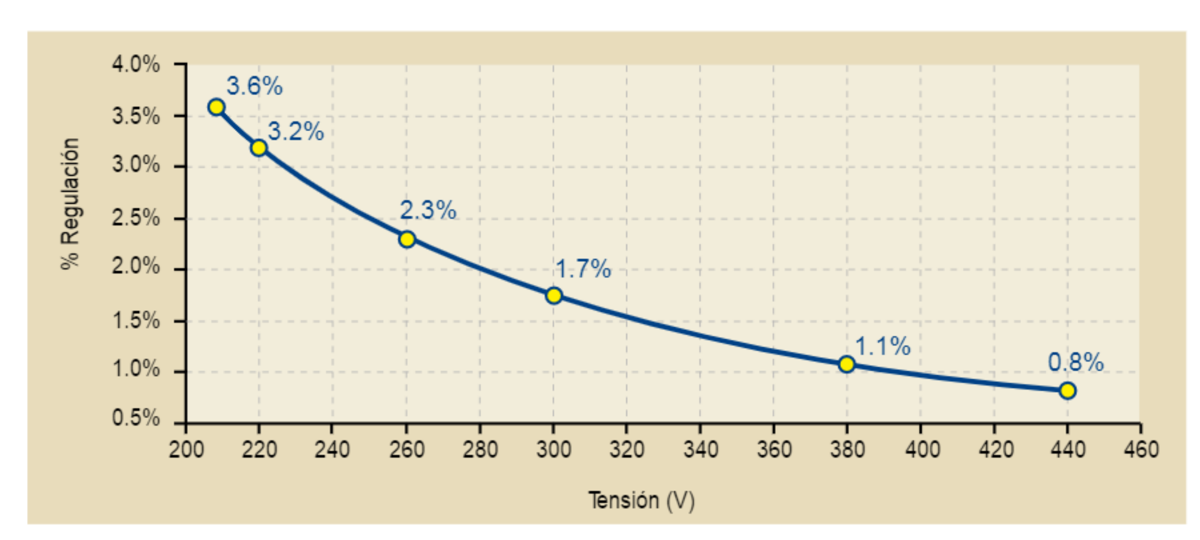


Ilustración 10. Variación de la Regulación con la tensión

Ejemplo 7

Un motor de 50 HP tiene una eficiencia del 91%, se encuentra instalado a una distancia de 150 metros de la subestación. El sistema es trifásico a 220V, compuesto por tres conductores de cobre THHN/THWN CENTELSA calibre 2/0 AWG, en un tubo conduit de PVC. El factor de potencia es de 0.80.

Determinar primero la Regulación aproximada para este circuito y después realizar el ejercicio para cuando se use cable de cobre THHN/THWN CENTELSA calibre 3/0 AWG.

Solución

1. *Calcular la corriente.*

Conociendo la potencia en W, la tensión en V y el factor de potencia, se utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de la corriente:

$$I = W / (Vs \times 1.732 \times \cos\theta)$$

Sabiendo que $1\ HP = 746\ W$
Tenemos que $50\ HP = 37{,}300\ W$

Como la eficiencia del motor es del 91%, para tener 37,300 W de potencia mecánica, el suministro de potencia eléctrica debe ser:

$W = 37{,}300\ W / 0.91$
$W = 40{,}989\ W$

Ahora, calculamos la corriente:

$I = 40{,}989\ W / (220\ V \times 1.732 \times 0.8)$
$I = 134.6\ A$

2. *Calcular la impedancia eficaz.*

Tenemos:
De la tabla 2: $R = 0.328\ ohm/km$
$X_L = 0.141\ ohm/km$

De la tabla 1: $Sen\ \theta = 0.60$

Por lo tanto:
$Z_{EF} = R\ Cos\ \theta + X_L\ Sen\ \theta$
$Z_{EF} = (0.328 \times 0.80) + (0.141 \times 0.60)$
$Z_{EF} = 0.347\ ohm/km$

3. *Calcular la Caída de Tensión fase a fase.*

$\Delta V_{F\text{-}N} = Z_{EF} \cdot L \cdot I$
$\Delta V_{F\text{-}N} = 0.347\ ohm/km \times 0.15\ km \times 134.6\ A$
$\Delta V_{F\text{-}N} = 7.0\ V$

$\Delta V_{F\text{-}F} = 1.732 \times \Delta V_{F\text{-}N}$
$\Delta V_{F\text{-}F} = 1.732 \times 7.0\ V$
$\Delta V_{F\text{-}F} = 12.1\ V$

4. *Encontrar el Porcentaje de Caída de Tensión del circuito.*

$\%\ Caída\ de\ Tensión_{F\text{-}F} = (\Delta V / Vr) \cdot 100$
$\%\ Caída\ de\ Tensión_{F\text{-}F} = (12.1\ V / 220\ V) \times 100$
$\%\ Caída\ de\ Tensión_{F\text{-}F} = 5.5\%$

5. *Siguiendo el mismo procedimiento anterior aplicado al calibre 3/0 AWG, la Caída de Tensión es de 4.5%.*



Ejemplo 8

Un circuito de red secundaria trenzada en Cable CENTELSA Cuádruplex de Aluminio 3x1/0 AWG XLPE 90°C + 1/0 ACSR a una tensión de 208 V alimenta una carga de 60 kVA a 50 metros de distancia y con un factor de potencia de 0.9.

Determinar la Regulación aproximada para este circuito.

Solución

1. *Calcular la corriente.*

Conociendo la carga en kVA, la tensión en V y el factor de potencia, se utiliza la siguiente fórmula para calcular la corriente:

$$I = kVA \cdot 1000 / (Vs \times 1.732)$$

$I = 60000 / (208 \times 1.732)$
$I = 166\ A$

2. *Calcular la impedancia eficaz.*

Tenemos:
De la tabla 4: $R = 0.692\ ohm/km$
$X_L = 0.109\ ohm/km$

De la tabla 1: $Sen\ \theta = 0.44$

Por lo tanto:
$Z_{EF} = R\ Cos\ \theta + X_L\ Sen\ \theta$
$Z_{EF} = (0.692 \times 0.90) + (0.109 \times 0.44)$
$Z_{EF} = 0.671\ ohm/km$

3. *Calcular la Caída de Tensión fase a fase.*

$\Delta V_{F\text{-}N} = Z_{EF} \cdot L \cdot I$
$\Delta V_{F\text{-}N} = 0.671\ ohm/km \times 0.05\ km \times 166A$
$\Delta V_{F\text{-}N} = 5.6V$

$\Delta V_{F\text{-}F} = 1.732 \times \Delta V_{F\text{-}N}$
$\Delta V_{F\text{-}F} = 1.732 \times 5.5\ V$
$\Delta V_{F\text{-}F} = 9.7\ V$

4. *Encontrar el Porcentaje de Caída de Tensión del circuito.*

$\%\ Caída\ de\ Tensión_{F\text{-}F} = (\Delta V / Vr) \cdot 100$
$\%\ Caída\ de\ Tensión_{F\text{-}F} = (9.7\ V / 208\ V) \times 100$
$\%\ Caída\ de\ Tensión_{F\text{-}F} = 4.7\%$

Ejemplo 9

Un circuito alimentador a 13.2 kV de 1000 m de longitud que lleva 50 Amperios está constituido por tres Cables de Media Tensión CENTELSA de 15 kV con nivel de aislamiento de 100%, calibre 2 AWG en cobre. El factor de potencia es de 0.8.

Determinar la regulación de tensión aproximada para este circuito.

Solución

1. *Calcular la impedancia eficaz.*

Tenemos:
De la tabla 3: $R = 0.6671\ ohm/km$
$X_L = 0.170\ ohm/km$

De la tabla 1: $Sen\ \theta = 0.6$

Por lo tanto:
$Z_{EF} = R\ Cos\ \theta + X_L\ Sen\ \theta$
$Z_{EF} = (0.6671 \times 0.80) + (0.170 \times 0.60)$
$Z_{EF} = 0.636\ ohm/km$

2. Calcular la Caída de Tensión fase a fase.

$\Delta V_{F\text{-}N} = Z_{EF} \cdot L \cdot I$
$\Delta V_{F\text{-}N} = 0.636\ ohm/km \times 1.0\ km \times 50A$
$\Delta V_{F\text{-}N} = 31.8V$

$\Delta V_{F\text{-}F} = 1.732 \times \Delta V_{F\text{-}N}$
$\Delta V_{F\text{-}F} = 1.732 \times 31.8\ V$
$\Delta V_{F\text{-}F} = 55.1\ V$

3. Encontrar el Porcentaje de Caída de Tensión del circuito.

% Caída de Tensión $_{F\text{-}F}$ = $(\Delta V / Vr) \cdot 100$
% Caída de Tensión $_{F\text{-}F}$ = $(55.1\ V / 13200\ V) \times 100$
% Caída de Tensión $_{F\text{-}F}$ = 0.42%

Ejemplo 10

Un circuito monofásico a 120 V de 10 m de longitud alimenta una carga resistiva de 3600 W (es decir que el factor de potencia = 1.0) con conductores de cobre THHN/THWN CENTELSA, calibre 10 AWG (fase y neutro).

Determinar primero la Regulación aproximada para este circuito y después realizar el ejercicio para cuando se usen alambres de cobre THHN/THWN CENTELSA, calibre 12 AWG.

Solución

1. Calcular la corriente.

Para circuitos monofásicos la corriente se calcula con la siguiente fórmula:

$$I = W / Vs$$

Entonces: $I = 3600 / 120$
$I = 30\ A$

2. Calcular la impedancia eficaz.

Tenemos:
De la tabla 2: $R = 3.94\ ohm/km$
$X_L = 0.164\ ohm/km$

De la tabla 1: $Sen\ \theta = 0$

Por lo tanto:
$Z_{EF} = R\ Cos\ \theta + X_L\ Sen\ \theta$
$Z_{EF} = (3.94 \times 1.0) + (0.164 \times 0.0)$
$Z_{EF} = 3.94\ ohm/km$

3. Calcular la Caída de Tensión.

Sabiendo que para un circuito monofásico:

$\Delta V_{F\text{-}N} = Z_{EF} \cdot 2 \cdot L \cdot I$

Calculamos:
$\Delta V_{F\text{-}N} = 3.94\ ohm/km \times 2 \times 0.01\ km \times 30\ A$
$\Delta V_{F\text{-}N} = 2.4\ V$

4. Calcular el Porcentaje de Regulación del circuito.

% Regulación = $(\Delta V / Vr) \cdot 100$
% Regulación = $(2.4\ V / 120V) \times 100$
% Regulación = 2.0%

5. Con el mismo procedimiento anterior, para un calibre 12 AWG la Regulación será de 3.3%.



CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Para instalaciones eléctricas, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE ha establecido el cumplimiento de la Norma NTC 2050, incluyendo la regulación de tensión, lo cual implica una cuidadosa selección de los calibres de los cables que componen circuitos alimentadores y ramales y todo tipo de circuitos en general.

Para una instalación con sus características propias de carga, factor de potencia, tensión de operación y longitud, el material y el calibre del conductor deben seleccionarse de tal forma que se cumplan los requisitos de regulación establecidos.

Las empresas operadoras de red (empresas de energía o electrificadoras) buscan optimizar el comportamiento eléctrico de sus redes en cuanto a calidad del servicio, representada en niveles de Regulación de tensión apropiados, lo que además resulta en una disminución de pérdidas eléctricas.

Los cables y alambres CENTELSA cumplen con los requisitos del RETIE y con las especificaciones de las Normas NTC correspondientes para cada tipo de cable; aplicados e instalados correctamente según la Normas establecidas (NTC 2050 y normas particulares de empresas de energía), son un elemento fundamental para el cumplimiento de los requisititos globales de una instalación eléctrica.

Nota: la información aquí contenida se presenta a manera de guía; su utilización y aplicaciones son responsabilidad del profesional encargado del diseño de la instalación.

TECNOLOGIA Y SOLUCIONES PARA EL PROGRESO



Planta y Oficina de Ventas
Calle 10 No. 38-43 Urb. Industrial Acopi, Yumbo, Colombia
Tel.: (572) 664 4556 / Fax: (572) 664 8258
http://www.centelsa.com.co / e-mail: sales@centelsa.com.co